

## НЕЛИНЕЙНАЯ ЛОКАЦИЯ МОМ-СТРУКТУР

Во Зуй Фук, аспирант, Зинченко М. В., к.т.н.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев, Украина

Повышение эффективности использования детектора нелинейных переходов (NLJD – Non Linear Junction Detector) в условиях рассеивателей коррозионного происхождения предполагает задание пороговых уровней принятых кратных гармоник  $Q_i$  и их соотношения  $L_{i,j}$  ( $i, j$  – номера гармоник,  $i, j = 2, 3, \dots, i \neq j, L_{2,3}$  далее просто  $L$ ). Выбор значения  $L$  требует рационального удовлетворения двум требованиям: повышение эффективности обнаружения и идентификации радиоэлектронных устройств (РЭУ) и уменьшение вероятности их пропуска в случае “малой” нелинейной эффективной площади рассеяния (НЭПР). Поэтому актуальным становится целесообразность завышения порогового соотношения  $L$  для повышения надежности NLJD в обнаружении РЭУ с “малой” НЭПР в условиях МОМ-структур (металл-окисел-металл) [1].

При достаточно малой толщине пленки окисла в месте контакта металлов (менее нескольких десятков ангстрем) основным механизмом переноса носителей заряда в МОМ-структуре является туннельный эффект [2].

Для МОМ-структур из одинаковых металлов характерна симметричная вольт-амперная характеристика (ВАХ). В случае МОМ-структур из неодинаковых металлов в зависимости от толщины окисла и его свойств характерна асимметричность (квазивяная, если асимметрия не существенна, и явная в противном случае). В свою очередь асимметричная ВАХ МОМ-структуры может иметь положительную или отрицательную асимметрию. Вид асимметрии ВАХ определяет местоположение точки пересечения касательных при  $U_1$  и  $U_2$  (рис. 1). Если точка пересечения рассмотренных касательных в области  $U > 0$  и  $I > 0$  (точка  $A_1$  на рис. 1), то имеем положительную асимметрию. Нахождение точки в области  $U < 0$  и  $I < 0$  свидетельствует про отрицательную асимметрию (точка  $A_2$  на рис. 1).

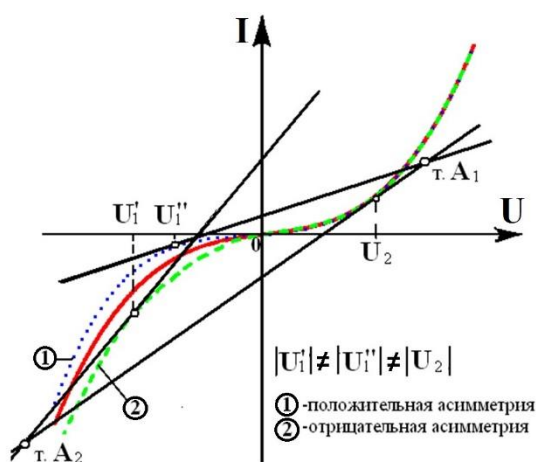


Рисунок 1. Определение положительной и отрицательной асимметрии ВАХ

двух типов [3].

Если точка пересечения рассмотренных касательных в области  $U > 0$  и  $I > 0$  (точка  $A_1$  на рис. 1), то имеем положительную асимметрию. Нахождение точки в области  $U < 0$  и  $I < 0$  свидетельствует про отрицательную асимметрию (точка  $A_2$  на рис. 1). Для контактов между металлами Al, Cr, Ni тип асимметрии зависит от толщины и площади окисла (определяется эффективностью туннеоирования). Например, структура Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Al может иметь явную асимметрию ВАХ

Для исследования влияния формы ВАХ МОМ-структур на соотношения уровней нелинейных продуктов в спектре преобразованного сигнала воспользуемся методом аппроксимирующих функций

$$I(U_H)_n = a_1 U_H + a_2 U_H^2 + a_3 U_H^3 + \dots + a_{n-1} U_H^{n-1} + a_n U_H^n, \quad (1)$$

где  $a_1, \dots, a_n$  – коэффициенты аппроксимации;  $n$  – количество уравнений. В табл. 1 представлены коэффициенты аппроксимации нормированных ВАХ.

Таблица 1

№	Формы ВАХ МОМ-структур	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$
1	Симметричная	0,256	0,000	0,279	0,000	0,465
2	С квазивявной положительной асимметрией	0,246	0,045	0,224	-0,009	0,498
3	С явной положительной асимметрией	0,237	0,090	0,169	-0,019	0,530
4	С квазивявной отрицательной асимметрией	0,267	-0,058	0,369	-0,031	0,450
5	С явной отрицательной асимметрией	0,284	-0,137	0,461	-0,006	0,388

Примем, что при моногармоническом воздействии зондирующего сигнала на МОМ-структуре возникнет напряжение

$$V(t) = U_{mH} \cdot \cos(\omega_0 t + \theta), \quad (2)$$

где  $U_{mH}$  – нормированная амплитуда наведенного напряжения,  $\omega_0$  – круговая частота,  $\theta$  – начальная фаза. С использованием (2) и (1) получим аппроксимирующие функции уровней второй и третьей гармоник [4]:

$$I_2(2\omega_0) = a_2 0,5 U_{mH}^2 + a_4 0,5 U_{mH}^4, \quad I_3(3\omega_0) = a_3 0,25 U_{mH}^3 + a_5 0,312 U_{mH}^5, \quad (3)$$

Согласно выражениям (3) рассчитаны для разных форм ВАХ МОМ-структур соотношения  $I_2/I_3$  в зависимости от  $U_{mH}$ . В наихудшем случае – зондирование маломощным сигналом, нормированная амплитуда  $U_{mH}$  не превысит значение 0,1 относительно  $|U_H| = 1$ . По каждому дискретному значению  $L$  рассчитаны значения

максимальной частоты ошибочной идентификации МОМ-структур

$$\psi_q(L) = [l_q(L)/0,1] \cdot 100\%,$$

где  $l_q$  – ширина диапазона  $U_{mH}$ , в котором  $I_2/I_3 \geq L$ ,  $q$  – порядковый номер формы ВАХ, ( $q = \overline{1,4}$ ). Вероятность верной идентификации РЭУ в условиях МОМ-

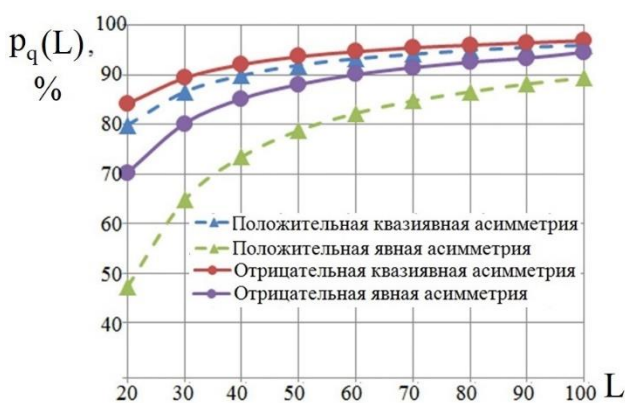


Рисунок 2. Распределение  $p_q(L)$  в условиях среды с МОМ-структурами

структур при зондировании маломощным сигналом равна  $p_q(L) = [100 - \psi_q(L)]\%$ . На рис. 2 приведены распределения  $p_q(L)$  для МОМ-структур с разными типами форм ВАХ.

### **Заключення**

На ефективність ідентифікації РЭУ методом нелінійної радіолокації впливає наявність в досліджуваному просторі МОМ-структур з явною асиметрією ВАХ. Особливо це має місце при попаданні таких коррозійних образунків під зону дії бокових лепестків передаючої антени локатора. В такому випадку підвищити надійність NLJD можна тільки зниженням рівня побічних випромінювань передаючої антени, оскільки саме по собі збільшення порогового співвідношення призведе до зростання ймовірності пропуску РЭУ. Для МОМ-структур з квазіявними асиметриями ВАХ надійність NLJD допустимо здійснювати вибором оптимального порогового співвідношення.

### **Перечень ссылок**

1. Хорев А. А. Методы и средства поиска электронных устройств перехвата информации Ч. 3 / Хорев А. А. – М.: МО. – 1998. – 224 с.
2. Штейншлегер В. Б. Нелинейное рассеяние радиоволн металлическими объектами / В. Б. Штейншлейгер // Успехи физических наук. – 1984. – Т. 138. – Вып. 1. – С. 135-145.
3. Wiesendanger E. Thin-film MOM-diodes for infrared detection / E. Wiesendanger, F. Kneubuhl // Applied Physics, 13, №4, 1977. – P 343-349
4. Voloshin A. P. Analysis and Calculation of Current-Flow Amplitude Spectrum of a Microwave Mixer Diode at Poly-Harmonic Excitation / A. P. Voloshin, G. A. Yena, Yu. G. Nikitenko // Radioelectronics and Communications Systems. Vol. 50. – No. 2, – 2007. – P. 95-103.

### **Анотація**

Показано, що на ефективність виявлення радіоелектронних пристроїв методом нелінійної радіолокації суттєво впливають присутні у досліджуваному просторі МОМ-структури з явною асиметрією вольт-амперних характеристик.

**Ключові слова:** технічний захист інформації, детектор нелінійних переходів, структури метал-окисел-метал.

### **Аннотация**

Показано, что на эффективность выявления радиоэлектронных устройств методом нелинейной радиолокации ощутимо влияют присутствующие в исследуемом пространстве МОМ-структуры с явной асимметрией вольт-амперных характеристик.

**Ключевые слова:** техническая защита информации, детектор нелинейных переходов, структуры металл-окисел-металл.

### **Abstract**

It is shown that the efficiency of detection of radio-electronic devices by the method of nonlinear radar significantly influence in the currently area of studying the MOM-structure with obvious asymmetry of the current-voltage characteristics.

**Keywords:** technical protection of information, nonlinear junction detector, structure metal-oxide-metal.